



# 0300  
4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of: )  
CROCE ET AL. )  
Serial No. 09/839,596 )  
Confirmation No. 1496 )  
Filing Date: April 20, 2001 )  
For: RESURF LDMOS INTEGRATED )  
STRUCTURE )

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Director, U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the  
priority EP Application No. 00830308.3.

Respectfully submitted,

JOHN F. WOODSON, II  
Reg. No. 45,236  
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath  
& Gilchrist, P.A.  
255 S. Orange Avenue, Suite 1401  
Post Office Box 3791  
Orlando, Florida 32802  
Telephone: 407/841-2330  
Fax: 407/841-2343  
Attorney for Applicants

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being  
deposited with the United States Postal Service as first class  
mail in an envelope addressed to: DIRECTOR, U.S. PATENT AND  
TRADEMARK OFFICE, WASHINGTON, D.C. 20231, on this 24 day of  
July, 2001.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00830308.3

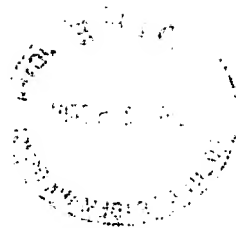
Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 02/05/01  
LA HAYE, LE



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: 00830308.3  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: 21/04/00  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
STMicroelectronics S.r.l.  
20041 Agrate Brianza (Milano)  
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
RESURF LDMOS field-effect transistor

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
H01L29/78, H01L29/36, H01L29/08

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/UK  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

VA/X01159/EP

*Italian Text Pursuant to Art. 14.2***“STRUTTURA INTEGRATA RESURF LDMOS”**CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione concerne circuiti integrati che sfruttano la condizione  
5 cosiddetta RESURF (acronimo per REduced SURface Field) in cui dispositivi di  
potenza in grado di sopportare tensioni relativamente elevate, tipicamente  
transistori LDMOS a canale N e/o transistori MOS laterali a canale P, debbano  
poter funzionare rispettivamente con source o con drain non vincolato al  
potenziale di massa.

10 BACKGROUND DELL'INVENZIONE

Una tecnica per migliorare la capacità di sopportare una tensione relativamente  
elevata da parte di transistori di potenza ad effetto di campo complementari  
(CMOS) di tipo laterale, ad esempio transistori LDMOS a canale N e MOS a  
canale P, è la cosiddetta tecnica RESURF.

15 L'effetto RESURF viene sfruttato realizzando i circuiti integrati in uno strato  
epitassiale relativamente sottile e controllando accuratamente gli impianti di  
diffusione così da consentire l'integrazione di transistori laterali CMOS in grado  
di sostenere tensioni relativamente elevate.

Le strutture RESURF LDMOS risultano particolarmente interessanti perché  
20 offrono un ottimo compromesso tra resistenza specifica e tensione di  
moltiplicazione a valanga (“breakdown”) riducendo la potenza dissipata e lo  
spessore del “dice” di silicio.

Obiettivo primario da perseguire in fase di progetto di una struttura RESURF  
LDMOS consiste nell'assicurare che la regione di drain DRAIN\_WELL sia  
25 completamente svuotata prima che si sviluppino campi elettrici critici in  
corrispondenza dell'ossido di gate.

Per meglio comprendere il principio di funzionamento che caratterizza le strutture RESURF LDMOS si faccia riferimento alle Figg. 1a e 1b, in cui sono mostrate due possibili condizioni di funzionamento con due diverse tensioni  $V_{DS}$  drain-source. La struttura LDMOS rappresentata, comprende un substrato P-SUBSTRATE di tipo P, da una regione DRAIN\_WELL avente un drogaggio di tipo opposto e una regione di body. Sono inoltre evidenziate le giunzioni tra substrato e DRAIN\_WELL e tra DRAIN\_WELL e body.

La Fig. 1a illustra un tipico andamento delle regioni di svuotamento sulle giunzioni citate nel caso in cui il source S, il body e la gate G siano connessi ad un potenziale di riferimento GND e sul drain D sia applicata una certa tensione  $V_{DS}$  ( $V_{DS}=20V$ ). In tali condizioni di funzionamento, le giunzioni sono inversamente polarizzate a causa della tensione  $V_{DS}$  applicata, e le rispettive regioni di svuotamento penetrano all'interno del DRAIN\_WELL per un certo spessore.

Aumentando ulteriormente la tensione  $V_{DS}$ , come indicato in Fig. 1b ( $V_{DS}=25V$ ), le regioni di svuotamento delle giunzioni tra il substrato e DRAIN\_WELL e tra DRAIN\_WELL e il body si uniscono svuotando completamente il DRAIN\_WELL, ottenendo così la condizione di RESURF.

In particolari condizioni di funzionamento, tipicamente come "high side" driver, in cui sono applicate tensioni di drain, gate e source elevate, mantenendo al potenziale di riferimento GND il substrato, lo svuotamento totale del DRAIN\_WELL causa precoci fenomeni di punch-through (PT) tra il body e il substrato. Per questo motivo i RESURF LDMOS sono comunemente impiegati come "low side" drivers, cioè con il source S e il substrato connessi al potenziale GND.

È quindi sentita la necessità di una struttura RESURF LDMOS in grado di funzionare come "high side" driver senza le limitazioni degli attuali dispositivi.

#### SCOPO E SOMMARIO DELL'INVENZIONE

È stato trovato ed è l'oggetto della presente invenzione una struttura RESURF LDMOS che può essere utilizzata a tensioni relativamente elevate senza



presentare problemi di punch-through. Per superare tali problemi, la struttura dell'invenzione può essere pensata come ottenuta inserendo una regione anti punch-through (PT) tra il body e il DRAIN\_WELL avente lo stesso tipo di conduttività del DRAIN\_WELL ma con un drogaggio più intenso.

- 5 Più precisamente l'oggetto dell'invenzione è una struttura integrata RESURF LDMOS realizzata in una prima regione di un primo tipo di conduttività definita in un substrato semiconduttore comprendente una regione di source del primo tipo di conduttività formata in una regione di body di un secondo tipo di conduttività.

La peculiarità dell'invenzione consiste nel fatto che la regione di body è contenuta  
10 in una regione superficiale della prima regione avente un drogaggio più elevato di quest'ultima.

Nel caso più diffusamente usato di una struttura integrata RESURF LDMOS a canale N, in un processo caratterizzato da uno strato epitassiale N avente uno spessore di  $3\mu\text{m}$ , drogato con fosforo ad una concentrazione di  $6 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$  ed in  
15 cui la regione di body è drogata con boro ad una concentrazione di  $10^{18} \text{cm}^{-3}$ , il drogaggio di detta regione superficiale contenente la regione di body può essere compresa tra  $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$  e  $10^{17} \text{cm}^{-3}$ .

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

I diversi aspetti e vantaggi dell'invenzione risulteranno ancor più evidenti da una  
20 descrizione dettagliata dell'invenzione facendo riferimento ai disegni allegati in cui:

le **Figure 1a e 1b** illustrano l'andamento delle regioni di svuotamento in una tradizionale struttura RESURF LDMOS per due diverse tensioni di drain-source  $V_{DS}$ ;

25 la **Figura 2** illustra la differenza tra una struttura LDMOS tradizionale e la struttura dell'invenzione;

la **Figura 3a** mostra un tipico andamento delle curve di livello del potenziale nella struttura dell'invenzione durante il funzionamento "low side";

la **Figura 3b** mostra la distribuzione delle concentrazioni di portatori nella struttura dell'invenzione durante il funzionamento "high side".

#### DESCRIZIONE DI UNA FORMA DI REALIZZAZIONE DELL'INVENZIONE

La presente invenzione risolve in modo molto semplice i problemi di punch-through (PT) che limitano le prestazioni delle attuali strutture RESURF LDMOS in condizioni di funzionamento "high side" introducendo peraltro una piccola modifica nelle attuali strutture RESURF LDMOS. L'invenzione consiste in un RESURF LDMOS che, a differenza delle attuali strutture, comprende una regione superficiale del DRAIN\_WELL, con un drogaggio più intenso di quest'ultima, a contatto con il body, come mostrato in Fig. 2.

E' stato trovato che tale regione superficiale BODY\_BUFFER\_REGION permette di migliorare sensibilmente le prestazioni della struttura nel funzionamento "high side" a tensioni VDS relativamente elevate, perché, a differenza di quanto accade nel DRAIN\_WELL, essa non si svuota completamente, evitando così i noti problemi di punch-through (PT) che limitano le attuali strutture.

Per meglio comprendere il principio di funzionamento del RESURF LDMOS dell'invenzione si faccia riferimento alle Figg. 3a e 3b. Come si può notare in Fig. 3b, anche applicando tensioni elevate al drain e al source (funzionamento "high side"), la regione DRAIN\_WELL sarà completamente svuotata dei suoi portatori prima che ciò accada alla BODY\_BUFFER\_REGION, a causa del più intenso drogaggio di quest'ultima. Questa caratteristica impedisce il verificarsi del fenomeno del punch-through (PT) a tensioni relativamente basse, migliorando le prestazioni della struttura dell'invenzione.

La presenza della BODY\_BUFFER\_REGION da un lato consente di elevare la tensione necessaria perché si verifichi il fenomeno del punch-through, dall'altro però riduce la tensione di breakdown BV. Lo spessore e il drogaggio della BODY\_BUFFER\_REGION devono quindi essere determinati facendo un compromesso tra l'esigenza di incrementare la tensione in cui ha inizio il fenomeno del PT e l'esigenza di avere elevate tensioni BV. Per questo motivo il

drogaggio e lo spessore della regione BODY\_BUFFER\_REGION devono essere accuratamente stabiliti in fase di progetto in modo da introdurre trascurabili riduzioni della tensione di breakdown BV.

- 5 A scopo puramente esemplificativo, si riportano di seguito dei possibili dati di processo dell'invenzione. Realizzazioni preferite di una struttura integrata RESURF LDMOS dell'invenzione a canale N su epitassia di tipo P e di una a canale P su epitassia di tipo N possono essere qualificate dalle caratteristiche costruttive riportate nelle tabelle seguenti, rispettivamente:

regione	drogante	spessore [ $\mu\text{m}$ ]	drogaggio [ $\text{cm}^{-3}$ ]
p-body (conduttività "P")	boro	0.25÷0.75	$5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{18}$
body-buffer (conduttività "N")	fosforo	0.15÷0.45	$5 \cdot 10^{16} \div 5 \cdot 10^{17}$
drain region (conduttività "N")	fosforo	1.5÷4.5	$2.5 \cdot 10^{15} \div 2.5 \cdot 10^{16}$

regione	drogante	spessore [ $\mu\text{m}$ ]	drogaggio [ $\text{cm}^{-3}$ ]
n-body (conduttività "N")	fosforo	0.25÷0.75	$5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{18}$
body-buffer (conduttività "P")	boro	0.15÷0.45	$5 \cdot 10^{16} \div 5 \cdot 10^{17}$
drain region (conduttività "P")	boro	1.5÷4.5	$2.5 \cdot 10^{15} \div 2.5 \cdot 10^{16}$

- 10 In Fig. 3a è rappresentata una possibile distribuzione delle curve di livello del potenziale nella struttura dell'invenzione durante il funzionamento "low side", cioè con il source S e il substrato connessi al potenziale di riferimento GND e la tensione applicata al drain D.

- 15 La regione BODY\_BUFFER\_REGION deve essere realizzata in modo da risultare completamente svuotata, a causa della contropolarizzazione della giunzione tra il

body e il DRAIN\_WELL, prima che si verifichi il fenomeno del breakdown.

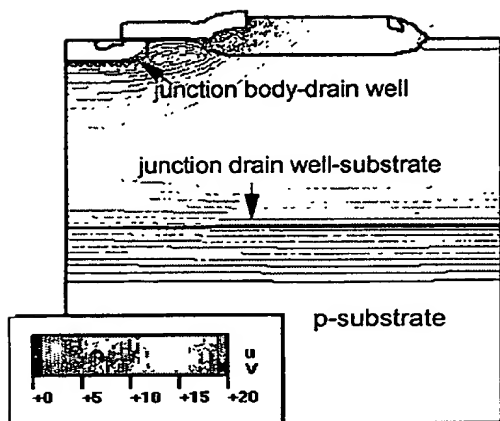
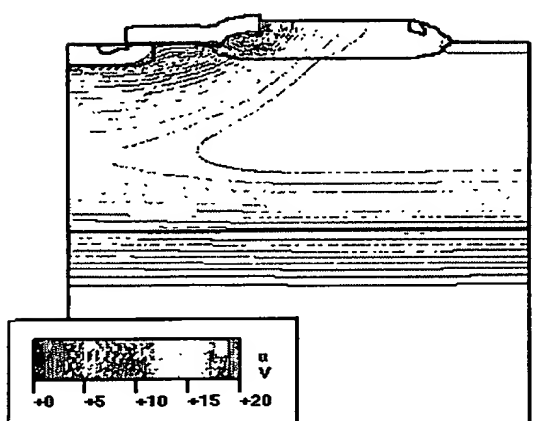
In questo modo, quando la tensione di drain assume valori prossimi a quelli della tensione di breakdown, le regioni di svuotamento delle giunzioni inversamente polarizzate si estendono nella BODY\_BUFFER\_REGION e nella DRAIN\_WELL, come

5     indicato in Fig. 3a, causando in questo modo la condizione di RESURF.

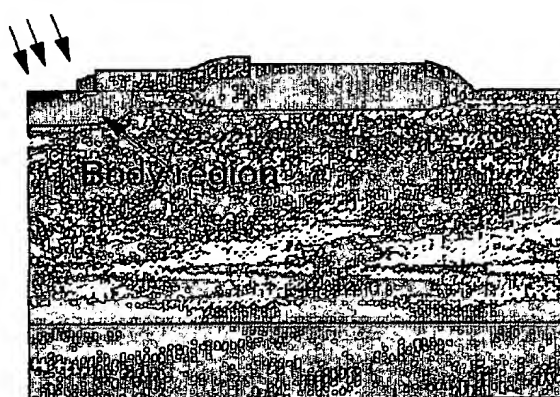
## RIVENDICAZIONI

1. Struttura integrata RESURF LDMOS realizzata in una prima regione (DRAIN\_WELL) di un primo tipo di conduttività definita in un substrato semiconduttore (P-SUBSTRATE) comprendente
  - 5 una regione di source di detto primo tipo di conduttività formata in una regione di body di un secondo tipo di conduttività, caratterizzata dal fatto che  
detta regione di body è contenuta in una regione superficiale (BODY\_BUFFER\_REGION) di detta prima regione (DRAIN\_WELL) avente un  
10 drogaggio più elevato di quest'ultima.
2. La struttura integrata della rivendicazione 1 in cui detta regione di drain (DRAIN\_WELL) ha uno spessore compreso tra  $1.5 \div 4.5$  micrometri con un drogaggio compreso tra  $2.5 \cdot 10^{15} \div 2.5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ , detta regione superficiale (BODY\_BUFFER\_REGION) ha uno spessore compreso tra  $0.15 \div 0.45$  micrometri con  
15 un drogaggio compreso tra  $5 \cdot 10^{16} \div 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  e detta regione di body ha uno spessore compreso tra  $0.25 \div 0.75$  micrometri con un drogaggio compreso tra  $5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .
3. La struttura integrata secondo una delle rivendicazioni 1 o 2 in cui detta regione di drain (DRAIN\_WELL) e detta regione superficiale  
20 (BODY\_BUFFER\_REGION) sono drogate con fosforo mentre detta regione di body è drogata con boro.
4. La struttura integrata secondo una delle rivendicazioni 1 o 2 in cui detta regione di drain (DRAIN\_WELL) e detta regione superficiale (BODY\_BUFFER\_REGION) sono drogate con boro mentre detta regione di body è  
25 drogata con fosforo.

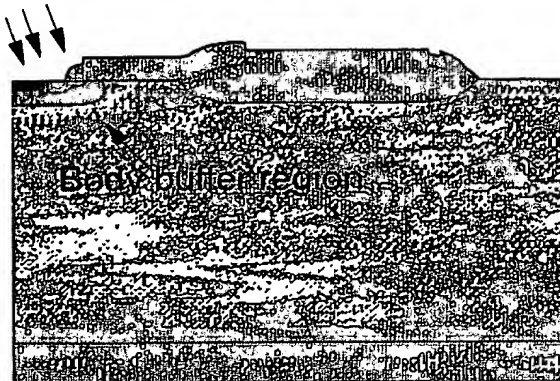
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

$V_{ds}=20V; V_g=V_{sub}=V_s=0$ *Fig. 1a* $V_{ds}=25V; V_g=V_{sub}=V_s=0$ *Fig. 1b*

Body implant



Body buffer implant

*Fig. 2*

$V_{ds}=70V, V_g=V_s=V_{sub}=0V$  $V_{ds}=V_g=V_s=70V, V_{sub}=0V$ 

a) BV measurement

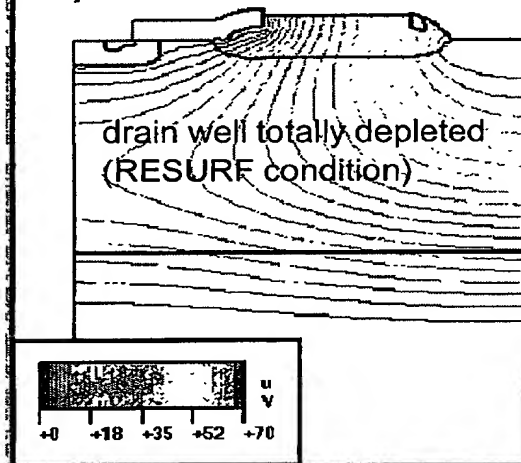


Fig. 3a

b) PT measurement

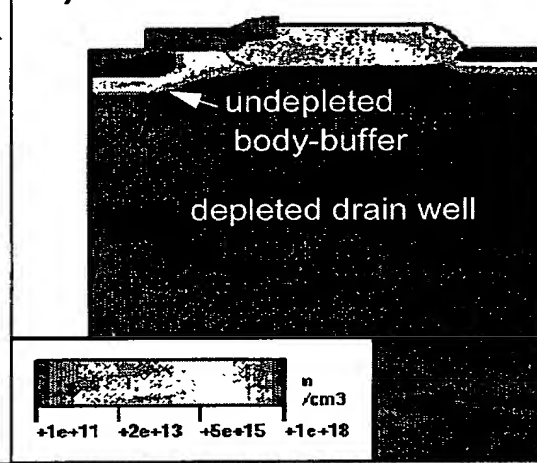


Fig. 3b